

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10144678 A**

(43) Date of publication of application: **29.05.98**

(51) Int. Cl. **H01L 21/316**  
**H01L 21/265**  
**H01L 21/76**

(21) Application number: **08292889**

(71) Applicant: **OKI ELECTRIC IND CO LTD**

(22) Date of filing: **05.11.98**

(72) Inventor: **ARAKAWA TOMIYUKI**

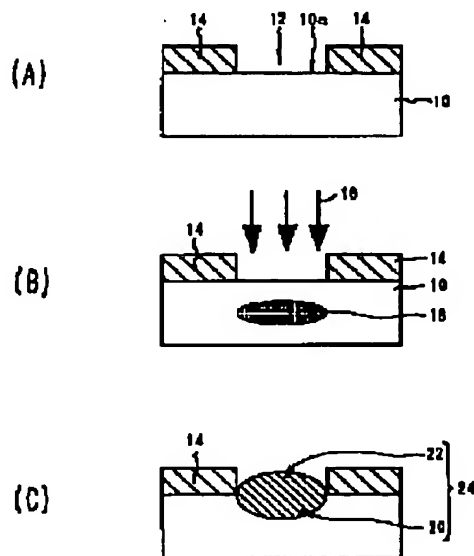
**(54) METHOD OF FORMING SILICON OXIDE FILM  
AND FIELD OXIDE FILM**

**(57) Abstract**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method of forming a field oxide film which suppresses a bird's beak.

**SOLUTION:** Through openings 12 of a mask pattern 14 O ions 16 are selectively implanted in an Si substrate 10 to form O ion-diffused regions in the substrate 10. In an O gas atmosphere, the substrate 10 is heated to convert the diffused regions into an inner silicon oxide layer 20 and form a thermally oxidized film 22 on the surface of the substrate, thus forming a silicon oxide film 24 composed of the inner silicon oxide layer 20 and thermal oxidized film 22.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] By pouring in the ion which contains at least either the ion of the compound which contains an oxygen element in a silicon substrate, and oxygen ion The process of said silicon substrate which forms the diffusion field of this ion in the interior at least, and by heat-treating said silicon substrate in which said diffusion field was formed in an oxidation gas ambient atmosphere making the diffusion field of said ion into an internal silicon oxidizing zone, and forming the thermal oxidation film in the front face of said silicon substrate — this internal silicon oxidizing zone and this thermal oxidation film — with — \*\*\*\* — the formation approach of the silicon oxide characterized by including the process which forms the silicon oxide constituted.

[Claim 2] The formation approach of the silicon oxide characterized by pouring in said ion in the direction of slant to the front face of said silicon substrate, and making said diffusion field estrange from the front face of said silicon substrate, and forming it in the formation approach of silicon oxide according to claim 1.

[Claim 3] The formation approach of the silicon oxide which is characterized by forming the silicon oxide with which said internal silicon oxidizing zone and said thermal oxidation film were continuously united mutually in the formation approach of silicon oxide according to claim 1 in performing said heat-treatment.

[Claim 4] The formation approach of the silicon oxide characterized by removing said surface silicon oxide before forming surface silicon oxide in the front face of said silicon substrate, injecting said ion into said silicon substrate through this surface silicon oxide in the formation approach of silicon oxide according to claim 1 and performing said heat-treatment.

[Claim 5] The process which forms the mask which has opening in the field of a schedule to which the component isolation region of this silicon substrate is formed in the silicon substrate bottom, By pouring in alternatively the ion which contains at least either the ion of the compound which contains an oxygen element in said silicon substrate from said opening, and oxygen ion The process of this silicon substrate which forms the diffusion field of this ion in the interior at least, and by heat-treating said silicon substrate in which said diffusion field was formed in an oxidation gas ambient atmosphere making said diffusion field into an internal silicon oxidizing zone, and forming the thermal oxidation film in the front face of said silicon substrate — this internal silicon oxidizing zone and this thermal oxidation film — with — \*\*\*\* — the formation approach of the field oxide characterized by including the process which forms the field oxide constituted.

[Claim 6] The formation approach of the field oxide characterized by making the field included at least estrange a part of field of a schedule in which said ion is poured in in the direction of slant to the front face of said silicon substrate, and the active field of said silicon substrate is formed in said diffusion field in the formation approach of field oxide according to claim 5 from the front face of this silicon substrate, and forming it in it.

[Claim 7] The formation approach of the field oxide which is characterized by forming the silicon oxide with which said internal silicon oxidizing zone and said thermal oxidation film were continuously united mutually in the formation approach of field oxide according to claim 5 in performing said heat-treatment.

[Claim 8] The formation approach of the field oxide characterized by removing said surface silicon oxide before forming surface silicon oxide in the front face of said silicon substrate, injecting said ion into said silicon substrate through this surface silicon oxide in the formation approach of field oxide according to claim 5 and performing said heat-treatment.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the formation approach of field oxide and silicon oxide in manufacture of a semiconductor device.

[0002]

[Description of the Prior Art] An example of the manufacture approach of the field oxide in manufacture of the conventional semiconductor fabrication machines and equipment is indicated by reference 1: ("LSI process engineering" 1982, the Ohm-Sha \*\*, pp.157-158). According to the technique of an indication in this reference, field oxide was formed according to the following processes. First, the mask pattern which has opening to the formation schedule field of the component isolation region of a silicon substrate is formed on a silicon substrate. Next, field oxide was formed by heat-treating the silicon substrate exposed to opening of this mask pattern in an oxygen ambient atmosphere, and forming the thermal oxidation film in opening.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, if field oxide is formed by the above-mentioned approach, the oxidizing zone called a BAZU beak will be formed as indicated by the 157th page of above-mentioned reference. When the BAZU beak was formed, there was a trouble that the dimension of the formed field oxide will shift from the dimension of a design. For this reason, it will be necessary not only to design the dimension of opening of a mask pattern, but it got down from the gap of the dimension by formation of a BAZU beak, and formation of a BAZU beak had become the hindrance of detailed-izing of a semiconductor device. Moreover, since thickness was thin as field oxide, the part of a BAZU beak had the trouble that leakage current will increase, when a BAZU beak arose. Moreover, when a conductive layer was formed on a BAZU beak, there was a trouble that parasitic capacitance will arise on both sides of this BAZU beak.

[0004] For this reason, implementation of the formation approach of the field oxide which can aim at control of formation of a BAZU beak, and the formation approach of silicon oxide was desired.

[0005]

[Means for Solving the Problem]

(1st invention) According to the formation approach of the silicon oxide the 1st invention concerning this application By pouring in the ion which contains at least either the ion of the compound which contains an oxygen element in a silicon substrate, and oxygen ion The process of a silicon substrate which forms the diffusion field of this ion in the interior at least, and by heat-treating the silicon substrate in which the diffusion field was formed in an oxidation gas ambient atmosphere making the diffusion field of ion into an internal silicon oxidizing zone, and forming the thermal oxidation film on the surface of a silicon substrate — this internal silicon oxidizing zone and this thermal oxidation film — with — \*\*\*\* — it is characterized by including the process which forms the silicon oxide constituted.

[0006] Thus, according to the formation approach of the silicon oxide the 1st invention, in the case of heat-treatment, the oxygen ion of a diffusion field combines with the silicon atom of a silicon substrate, and forms an internal silicon oxidizing zone. For this reason, the silicon oxide of thickness which set this internal silicon oxidizing zone and the thermal oxidation film which oxidized from the front face can be formed. Consequently, the silicon oxide of desired thickness can be obtained by the time amount (heating time) of heat-treatment shorter than before. For this reason, formation of a BAZU beak can be controlled by shortening heating time a BAZU beak grows up to be.

[0007] Moreover, in the formation approach of the silicon oxide the 1st invention, it is good to pour in ion in the direction of slant to the front face of a silicon substrate, and to make a diffusion field estrange from the front face of a silicon substrate, and to form it preferably.

[0008] Thus, if ion is poured in in the direction of slant, internal silicon oxide can be formed in the interior of the silicon substrate part of the field which does not form the thermal oxidation film in a front face.

[0009] Moreover, in heat-treating preferably, in the formation approach of the silicon oxide the 1st invention, it is good to form the silicon oxide with which an internal silicon oxidizing zone and the thermal oxidation film were continuously united mutually.

[0010] Thus, if an internal silicon oxidizing zone and the thermal oxidation film are continuously united as a result of heat-treatment, insulating improvement in silicon oxide can be aimed at.

[0011] Moreover, in the formation approach of the silicon oxide the 1st invention, before forming surface silicon oxide and heat-treating by injecting ion into a silicon substrate through this surface silicon oxide on the surface of a silicon substrate preferably, it is good to remove surface silicon oxide.

[0012] Thus, if ion is poured in through surface silicon oxide, generating of the damage of the silicon substrate by the ion implantation can be reduced.

[0013] (2nd invention) According to the formation approach of the field oxide the 2nd invention concerning this application, again The process which forms the mask pattern which has opening in the field of a schedule to which the component isolation region of this silicon substrate is formed in the silicon substrate bottom, By pouring in alternatively the ion which contains at least either the ion of the compound which contains an oxygen element in a silicon substrate from opening, and oxygen ion The process of this silicon substrate which forms the diffusion field of this ion in the interior at least, and by heat-treating the silicon substrate in which the diffusion field was formed in an oxidation gas ambient atmosphere making a diffusion field into an internal silicon oxidizing zone, and forming the thermal oxidation film on the surface of a silicon substrate — this internal silicon oxidizing zone and this thermal oxidation film — with — \*\*\*\* — it is characterized by including the process which forms the field oxide constituted.

[0014] Thus, according to the formation approach of the field oxide the 2nd invention, a diffusion field also serves as an internal silicon oxidizing zone in the case of heat-treatment. For this reason, the field oxide of thickness which set this internal silicon oxidizing zone and the thermal oxidation film which oxidized from the front face can be formed. Consequently, the field oxide of desired thickness can be obtained by the time amount (heating time) of heat-treatment shorter than before. For this reason, formation of a BAZU beak can be controlled by shortening heating time a BAZU beak grows up to be.

[0015] Moreover, in the formation approach of the field oxide the 2nd invention, it is good to make the field included at least estrange a part of field of a schedule in which ion is poured in in the direction of slant to the front face of a silicon substrate, and the active field of a silicon substrate is preferably formed in a diffusion field from the front face of this silicon substrate, and to form it in it.

[0016] Thus, if ion is poured in in the direction of slant, an internal silicon oxidizing zone can be formed in the interior of the silicon substrate part of the active field which does not form the thermal oxidation film in a front face which is the field covered by the mask pattern at the time of an ion implantation. Consequently, reduction of the parasitic capacitance of the active field part in which the internal silicon oxidizing zone was formed can be aimed at.

[0017] Moreover, in heat-treating preferably, in the formation approach of the field oxide the 2nd invention, it is good to form the field oxide with which an internal silicon oxidizing zone and the thermal oxidation film were continuously united mutually.

[0018] Thus, if an internal silicon oxidizing zone and the thermal oxidation film are continuously united as a result of heat-treatment, insulating improvement in field oxide can be aimed at.

[0019] Moreover, in the formation approach of the field oxide the 2nd invention, before forming surface silicon oxide and heat-treating by injecting ion into a silicon substrate through this surface silicon oxide on the surface of a silicon substrate preferably, it is good to remove surface silicon oxide.

[0020] Thus, if ion is poured in through surface silicon oxide, generating of the damage of the silicon substrate by the ion implantation can be reduced.

[0021]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to a drawing, the gestalt of implementation of the formation approach of the silicon oxide the 1st invention concerning this application and the formation approach of the field oxide of the 2nd invention is explained. In addition, the drawing to refer to shows the

magnitude, the configuration, and arrangement relation of each constituent roughly to extent which can understand these invention. Therefore, these invention is not limited to the example of illustration. Moreover, a drawing omits and shows a part of hatching of a cross-section part.

[0022] (Gestalt of the 1st operation) With reference to drawing 1, the gestalt of implementation of the 1st of the formation approach of the silicon oxide of the 1st invention is explained. (A) - (C) of drawing 1 is important section cross-section process drawing with which explanation of the formation approach of the silicon oxide of the gestalt the 1st operation is presented.

[0023] First, in the gestalt of this operation, in order to perform alternative impregnation of ion, the mask pattern 14 of the nitride which has opening 12 is formed on a silicon substrate 10 ((A) of drawing 1).

[0024] Next, the diffusion field 18 of oxygen ion is formed in the interior of a silicon substrate 10 by injecting the oxygen ion 16 into a silicon substrate 10 alternatively from opening 12 ((B) of drawing 1).

[0025] In addition, this diffusion field may reach surface 10a of a silicon substrate 10. Moreover, in drawing 1, the arrow head shows the oxygen ion 16 poured in typically.

[0026] next, the thing for which the diffusion field 18 is made into the internal silicon oxidizing zone 20, and the thermal oxidation film 22 is formed on the surface of a silicon substrate by heat-treating the silicon substrate 10 in which the diffusion field 18 was formed in the oxygen gas ambient atmosphere as oxidation gas -- this internal silicon oxidizing zone 20 and this thermal oxidation film 22 -- with -- \*\*\*\* -- the silicon oxide 24 constituted is formed ((C) of drawing 1).

[0027] Moreover, as for the silicon oxide 24 shown in (C) of drawing 1, the internal silicon oxidizing zone 20 and the thermal oxidation film 22 are continuously united mutually.

[0028] (Gestalt of the 2nd operation) Next, with reference to drawing 2, the gestalt of implementation of the 2nd of the formation approach of the silicon oxide of the 1st invention is explained. (A) - (D) of drawing 2 is important section cross-section process drawing with which explanation of the formation approach of the silicon oxide of the gestalt the 2nd operation is presented.

[0029] First, in the gestalt of this operation, in order to perform alternative impregnation of ion, the mask pattern 14 of the nitride which has opening 12 is formed on a silicon substrate 10 ((A) of drawing 2).

[0030] Next, the 1st diffusion field 26 of oxygen ion is formed in the interior of a silicon substrate 10 by injecting the oxygen ion 16 into a silicon substrate 10 alternatively from opening 12 ((B) of drawing 2).

[0031] In the case of the 1st ion implantation, ion is poured in in the direction of slant to the front face of a silicon substrate, and a diffusion field is made to estrange from the front face of a silicon substrate, and is formed. ((B) of drawing 1). Moreover, the range of an impregnation include angle is restricted by the ratio of the die length of the opening 12 which met in the leaned direction, and the thickness of the mask pattern 14.

[0032] Next, an impregnation include angle is leaned in the direction to which the impregnation include angle was leaned on the occasion of the 1st ion implantation, and the opposite direction, and the 2nd ion implantation is performed. And the 2nd diffusion field 28 is made to estrange from the front face of a silicon substrate, and is formed ((C) of drawing 2).

[0033] Next, by heat-treating the silicon substrate 10 in which the 1st diffusion field 26 and the 2nd diffusion field 28 were formed in the oxygen gas ambient atmosphere as oxidation gas By making the 1st diffusion field 26 into the 1st internal silicon oxidizing zone 30, making the 2nd diffusion field 28 into the 2nd internal silicon oxidizing zone 32, and forming the thermal oxidation film 34 in the front face of a silicon substrate 10 these the 1st and 2nd internal silicon oxidizing zones 30 and 32 and these thermal oxidation film 34 -- with -- \*\*\*\* -- the silicon oxide 36 constituted is formed ((D) of drawing 2).

[0034] Moreover, as for the silicon oxide 36 shown in (D) of drawing 2, the 1st internal silicon oxidizing zone 30 and the 2nd internal silicon oxidizing zone 32, and the thermal oxidation film 34 are continuously united mutually.

[0035] (Gestalt of the 3rd operation) a degree -- drawing 3 - drawing 6 -- referring to -- the example of the formation approach of the silicon oxide the 1st invention, and the formation approach of the field oxide of the 2nd invention -- in all -- it explains as a gestalt of the 3rd operation. (A) - (C) of drawing 3 is 1st important section cross-section process drawing with which explanation of the formation approach of the field oxide of the gestalt the 3rd operation is presented. (A) - (C) of drawing 4 is the 2nd important section cross-section process drawing following (C) of drawing 3. (A) - (C) of drawing 5 is the 3rd important section cross-section process drawing following (C) of drawing 4. (A) - (C) of drawing 6 is the 4th important section cross-section process drawing following (C) of drawing 5.

[0036] According to the formation approach of the field oxide of the gestalt the 3rd operation, a mask

pattern is first formed in the silicon substrate bottom. This mask pattern has opening to the field of a schedule in which the component isolation region of this silicon substrate is formed.

[0037] A silicon substrate (silicon wafer) 40 is first prepared in formation of a mask pattern ((A) of drawing 3 ).

[0038] And pure water washes this silicon substrate 40 for 20 seconds using the hydrofluoric-acid solution diluted to 1%. Next, a silicon substrate 40 is washed using pure water.

[0039] Next, surface silicon oxide 42 is formed in the front face of this silicon substrate 40 ((B) of drawing 3 ).

[0040] A silicon substrate 40 is first installed in a horizontal-type oxidation furnace (not shown) in formation of surface silicon oxide 42. And the front face of a silicon substrate is made to oxidize this silicon substrate 40 thermally for 45 minutes at the temperature of 950 degrees C among an oxygen ambient atmosphere. Of this thermal oxidation, surface silicon oxide (silicon thermal oxidation film) 42 with a thickness of 10nm is formed.

[0041] Next, the silicon nitride 44 is formed on surface silicon oxide 42 ((C) of drawing 3 ).

[0042] The silicon substrate 40 in which surface silicon oxide 42 was formed is first installed in the furnace of reduced pressure chemical-vapor-deposition equipment (not shown) in formation of the silicon nitride 44. And it is NH<sub>3</sub> about this silicon substrate 40. And SiH<sub>4</sub> Heat treatment is carried out for 95 minutes at the temperature of 800 degrees C among the ambient atmosphere with which it was mainly concerned. Of this heat treatment, the silicon nitride 44 of about 200nm thickness is formed.

[0043] Next, the resist pattern 46 is formed on the silicon nitride 44. (A of drawing 4 ).

[0044] After taking out first the silicon substrate 40 in which the silicon nitride 44 was formed from the inside of the furnace of reduced pressure chemical-vapor-deposition equipment in formation of the resist pattern 46 and applying the resist of about 1-micrometer thickness on the silicon nitride 44, the resist pattern 46 which has opening 50 is formed in the isolation formation schedule field 48 through the usual exposure and a development process.

[0045] Next, the part exposed to the opening 50 of the silicon nitride 44 by reactive ion etching is removed using the resist pattern 46 as an etching mask, and the silicon nitride pattern 52 is formed ((B) of drawing 4 ).

[0046] Thus, the mask pattern 54 which consists of a resist pattern 46 and a silicon nitride pattern 52 is formed.

[0047] Next, the diffusion field 58 of oxygen ion is formed in the interior of a silicon substrate 40 by pouring the oxygen ion 56 into the isolation formation schedule field 48 alternatively ((C) of drawing 4 ). In addition, in (C) of drawing 4 , the arrow head shows the oxygen ion 56 poured in typically.

[0048] In impregnation of oxygen ion, the silicon substrate 40 in which the mask pattern 54 was formed is first installed in ion implantation equipment (not-shown). And they are acceleration voltage 150keV, and dose  $4 \times 10^{17}$  ion / cm<sup>2</sup> perpendicularly to surface 40a of this silicon substrate 40. On conditions, an ion implantation is performed using oxygen gas. Consequently, oxygen ion is poured in through surface silicon oxide 42 from the opening 50 of the mask pattern 54, and the diffusion field 58 is formed in the interior of the silicon substrate 40 of the isolation formation schedule field 48. moreover -- as the conditions in the case of an ion implantation -- acceleration voltage 50keV - 200keV, and  $9 \times 10^{17}$  ion / [ a dose  $1 \times 10^{17}$  - ] cm<sup>2</sup> it is - things are desirable.

[0049] Here, oxygen ion distribution of the silicon substrate 40 interior investigated with Auger electron spectroscopy in the graph of drawing 7 is shown. The axis of abscissa of the graph of drawing 7 expresses the depth (micrometer) from surface 40a of a silicon substrate 40, and the axis of ordinate expresses Auger electron reinforcement (arbitration unit). And the curve I in drawing 7 shows that the diffusion field is formed in the interior of a silicon substrate 40 centering on near a depth of 0.38 micrometers.

[0050] Moreover, the projection range of the acceleration energy at the time of an oxygen ion implantation and oxygen ion and the count result of relation with standard deviation are shown in the graph of drawing 8 . The axis of abscissa of the graph of drawing 8 expresses acceleration energy, and the axis of ordinate expresses the depth (nm) and standard deviation (nm) from a front face of a silicon substrate with the opposite numeral. and curve III showing the curve II showing projection range, and standard deviation from -- it turns out that the projection range in acceleration energy 150keV is about 380nm, and standard deviation is about 90nm. This projection range is mostly in agreement with distribution of the oxygen ion shown in drawing 7 .

[0051] In addition, based on a formula (3-19), drawing 8 is [ being / in\_which of the count approach used in order to obtain the graph of drawing 8 is indicated by reference 2: (p184-189 of electronic ingredient series "a silicon crystal and doping", 1986, and the Maruzen \*\*\*\*\*) / a technique, and ] especially equivalent to page [ 186th ] drawing 3 of reference 2, and 11 from a page [ 186th ] formula (3-15).

[0052] Moreover, the impregnation time amount  $t$  (second) of the oxygen ion for obtaining desired dose  $\phi$  (ion /  $\text{cm}^2$ ) to a silicon substrate is conventionally given by the well-known following (1) formula.

[0053]

$$t = (\phi \times \text{St} \times 1.602 \times 10^{17}) / I \dots (1)$$

However, in  $\text{St}$  ( $\text{cm}^2$ ), the gross area by which an ion beam is irradiated, and  $I$  (A) express the beam current in an end station. Here, an above-mentioned ion notes entry condition is  $I = 100 \mu\text{A}$ ,  $\text{St} = 4 \text{cm}^2$ , and  $\phi = 1.2 \times 10^{18}$  ion /  $\text{cm}^2$  as an example, although it differs. If it substitutes,  $t$  will become about 4 hours and 50 minutes.

[0054] Next, the resist pattern 46 is removed in advance of heat-treatment ((A) of drawing 5 ).

[0055] Next, in advance of heat-treatment, the part exposed to the opening 50 of surface silicon oxide 42 is removed using hydrogen fluoride (HF) \*\*\*\*\* 5% ((B) of drawing 5 ).

[0056] By removing the part exposed to the opening 50 of surface silicon oxide 42, the main parts which received the damage by the ion implantation are removable.

[0057] Next, by heat-treating the silicon substrate 40 in which the diffusion field 58 was formed in an oxygen gas ambient atmosphere By making the diffusion field 58 into the internal silicon oxidizing zone 60, and forming the thermal oxidation film 62 in the front face of a silicon substrate 40 This internal silicon oxidizing zone 60 and this thermal oxidation film 62 are continuously united mutually, and form field oxide 64 with a thickness of about 500nm in opening 50 ((C) of drawing 5 ).

[0058] In performing this heat-treatment, the silicon substrate 40 from which the part exposed to the opening 50 of surface silicon oxide 42 was removed first is installed in a horizontal-type oxidation furnace. And this silicon substrate 40 is heated for 10 minutes at the temperature of 1000 degrees C among the ambient atmosphere which mixed oxygen and hydrogen at a rate of 15 to 10. In addition, the range of 800 degrees C - 1200 degrees C is suitable for heating temperature. This is to become easy to condense silicon in the thermal oxidation film, when it will become easy to generate a rearrangement and a minute defect in a silicon substrate if heating temperature becomes lower than 800 degrees C, and heating temperature becomes higher than 1200 degrees C.

[0059] Moreover, in the case of this heat-treatment, the thermal oxidation film 66 is formed also on the silicon nitride pattern 52.

[0060] Here, the sectional view of BAZU beak partial 64a of field oxide 64 is shown in drawing 9 . Moreover, the configuration of the BAZU beak at the time of forming field oxide with a same thickness [ as the gestalt of this operation ] of about 500nm in drawing 9 by the conventional approach is shown typically. By the conventional approach, it is required to perform heat-treatment for about 100 minutes, although about 500nm field oxide in thickness is formed.

[0061] With this point and the gestalt of this operation, the field oxide of comparable thickness can be formed by the heat-treatment for about 10 minutes of 1/10 over the past. Consequently, in the gestalt of this operation, growth of a BAZU beak can be controlled to about 1/2 over the past. Therefore, in the gestalt of this operation, formation of a BAZU beak can be controlled and the field oxide of desired thickness can be formed.

[0062] In addition, in the comparison of growth of a BAZU beak, since distinction of the location at the tip of a horizontal BAZU beak is difficult, the thickness of the BAZU beak in 0.5-micrometer outside (mask pattern side) is measured and compared from the edge of a mask pattern for convenience.

[0063] Next, the thermal oxidation film 66 formed on the silicon nitride pattern 52 on the occasion of heat-treatment is removed using HF solution diluted to 5% ((A) of drawing 6 ).

[0064] Next, the silicon nitride pattern 52 is removed using the phosphoric acid heated by 180 degrees C ((B) of drawing 6 ).

[0065] Next, extant surface silicon oxide 42a is removed using HF solution diluted to 5%. This surface silicon oxide 42a is removed, the field which surface 40a of a silicon substrate 40 exposed turns into the active field 68, and the field in which field oxide 64 was formed turns into the component isolation region 70 ( drawing 6 (C)).

[0066] Thus, according to the formation approach of the field oxide the 2nd invention, a diffusion field also

serves as an internal silicon oxidizing zone in the case of heat-treatment. For this reason, the silicon oxide of thickness which doubled this internal silicon oxidizing zone and the thermal oxidation layer which oxidized from the front face can be formed. Consequently, the field oxide of desired thickness can be obtained by the time amount (heating time) of heat-treatment shorter than before. For this reason, formation of a BAZU beak can be controlled by shortening heating time a BAZU beak grows up to be.

[0067] (Gestalt of the 4th operation) next, drawing 10 and drawing 11 — referring to — the example of the formation approach of the silicon oxide the 1st invention, and the formation approach of the field oxide of the 2nd invention — in all — it explains as a gestalt of the 4th operation. (A) – (C) of drawing 10 is 1st important section cross-section process drawing with which explanation of the formation approach of the field oxide of the gestalt the 4th operation is presented. (A) – (D) of drawing 11 is the 2nd important section cross-section process drawing following (C) of drawing 10.

[0068] in addition, the process which forms the mask pattern 54 in the gestalt of the 4th operation — until — since it is the same as that of the process in the gestalt of the 3rd operation of a \*\*\*\*, the detailed explanation is omitted. Moreover, in drawing 10 and drawing 11, the same sign is attached and shown in the same constituent as the sign of the constituent in the gestalt of the 3rd operation.

[0069] First, the condition that the mask pattern 54 was formed on the silicon substrate 40 at (A) of drawing 10 is shown. (A) of drawing 10 corresponds to (B) of drawing 4.

[0070] In the gestalt of the 4th operation, after the mask pattern 54 is formed, direction (going to the lower right from the upper left in drawing 10) impregnation is carried out in slanting [ slight / which leaned 11 degrees of ion to the front face of a silicon substrate 40 ]. The 1st diffusion field 72 is formed in the field which includes a part of field of a schedule in which the active field of a silicon substrate 40 is formed by this 1st ion implantation, i.e., a field including a part of field of the mask pattern 54 bottom. Moreover, this 1st diffusion field 72 is made to estrange from the front face of a silicon substrate 40, and is formed ((B) of drawing 10). Moreover, the range of an impregnation include angle is restricted by the ratio of the die length of the opening 50 which met in the leaned direction, and the thickness of the mask pattern 54.

[0071] Next, a direction of grouting is leaned to an opposite direction in the 1st time (going to the lower left from the upper right in drawing 10), the 2nd ion implantation is performed, and the 2nd diffusion field 74 is formed ((C) of drawing 10). The 2nd diffusion field 74 as well as the 1st diffusion field 72 is estranged and formed from surface 40a of a silicon substrate 40.

[0072] Moreover, everything but things with a direction of grouting slanting [ the 1st time and the 2nd ion notes entry condition ] is the same as that of the ion notes entry condition in the gestalt of the 3rd operation mentioned above. Moreover, the range of an impregnation include angle is restricted by the ratio of the die length of the opening 50 which met in the leaned direction, and the thickness of the mask pattern 54.

[0073] Next, the resist pattern 46 is removed in advance of heat-treatment ((A) of drawing 11).

[0074] Next, in advance of heat-treatment, the part exposed to the opening 50 of surface silicon oxide 42 is removed using hydrogen fluoride (HF) \*\*\*\*\* 5% ((B) of drawing 11).

[0075] Next, by heat-treating the silicon substrate 40 in which the 1st and 2nd diffusion fields 72 and 74 were formed in an oxygen gas ambient atmosphere By making the 1st diffusion field 72 into the 1st internal silicon oxidizing zone 76, and making the 2nd diffusion field 74 into the 2nd internal silicon oxidizing zone 78, and forming the thermal oxidation film 80 in the front face of a silicon substrate 40 These the 1st and 2nd internal silicon oxidizing zones 76 and 78 and these thermal oxidation film 80 are continuously united mutually, and form field oxide 82 with a thickness of about 500nm in opening 50 ((C) of drawing 11). Moreover, in the case of this heat-treatment, the thermal oxidation film 66 is formed also on the silicon nitride pattern 52.

[0076] Next, the thermal oxidation film 66, the silicon nitride pattern 52, and extant surface silicon oxide 42a are removed one by one like the gestalt of the 3rd operation mentioned above. Consequently, the part which the front face of a silicon substrate 40 exposed serves as the active field 68, and the part which field oxide has exposed serves as the component isolation region 70.

[0077] In the gestalt of the 4th operation, since the 1st internal silicon oxidizing zone 78 and the 2nd internal silicon oxidizing zone 78 are formed in active field 68 a part of bottoms, reduction of the parasitic capacitance of an active field can be aimed at.

[0078] Although the gestalt of each operation mentioned above explained only the example which constituted these invention from specific conditions using the specific ingredient, these invention can perform many modification and deformation. For example, in the gestalt of each operation mentioned above, although the

example of the silicon oxide with which internal silicon oxide and the thermal oxidation film were continuously united mutually, and field oxide was explained as a result of heat-treatment, by these invention, internal silicon oxide and the thermal oxidation film do not necessarily need to be continuing.

[0079] Moreover, in the gestalt of each operation mentioned above, although oxygen gas was used as oxidation gas on the occasion of heat-treatment, in these invention, the mixed gas of the mixed gas of oxygen and hydrogen, the mixed gas of oxygen and nitrogen or oxygen, hydrogen, and nitrogen may be used as oxidation gas.

[0080] Moreover, in the gestalt of each operation mentioned above, although one ion implantation was performed on certain conditions (acceleration voltage, dose), by these invention, one ion implantation may be divided into multiple times, impregnation conditions may be changed, respectively, and an ion implantation may be performed. for example, — first — acceleration voltage 150keV, dose  $4 \times 10^{17}$  ion /  $\text{cm}^2$  next 100keV,  $2 \times 10^{17}$  ion /  $\text{cm}^2$  next 80keV, and  $1 \times 10^{17}$  ion /  $\text{cm}^2$  An ion implantation may be performed lowering acceleration voltage one by one. Acceleration voltage is lowered for pouring in ion first to a deep place and pouring in ion to a shallow place later. Thus, if an ion implantation is divided and carried out to multiple times, compared with the case where it pours in at once, it is also possible to form a diffusion field covering the depth of the larger range.

[0081]

[Effect of the Invention]

(1st invention) According to the formation approach of the silicon oxide the 1st invention, a diffusion field serves as an internal silicon oxidizing zone in the case of heat-treatment. For this reason, the silicon oxide of thickness which set this internal silicon oxidizing zone and the thermal oxidation film which oxidized from the front face can be formed. Consequently, the silicon oxide of desired thickness can be obtained by the time amount (heating time) of heat-treatment shorter than before. For this reason, formation of a BAZU beak can be controlled by shortening heating time a BAZU beak grows up to be.

[0082] Moreover, if ion is poured in in the direction of slant, an internal silicon oxidizing zone can be formed in the interior of the silicon substrate part of the field which does not form the thermal oxidation film in a front face.

[0083] Moreover, if an internal silicon oxidizing zone and the thermal oxidation film are continuously united as a result of heat-treatment, insulating improvement in silicon oxide can be aimed at.

[0084] Moreover, if ion is poured in through surface silicon oxide, generating of the damage of the silicon substrate by the ion implantation can be reduced.

[0085] (2nd invention) According to the formation approach of the field oxide the 2nd invention, a diffusion field serves as an internal silicon oxidizing zone again in the case of heat-treatment. For this reason, the silicon oxide of thickness which set this internal silicon oxidizing zone and the thermal oxidation film which oxidized from the front face can be formed. Consequently, the field oxide of desired thickness can be obtained by the time amount (heating time) of heat-treatment shorter than before. For this reason, formation of a BAZU beak can be controlled by shortening heating time a BAZU beak grows up to be.

[0086] Moreover, if ion, such as oxygen, is poured in in the direction of slant, an internal silicon oxidizing zone can be formed in the interior of the silicon substrate part of the active field which does not form the thermal oxidation film in a front face which is the field covered by the mask pattern at the time of an ion implantation. Consequently, reduction of the parasitic capacitance of the active field part in which the internal silicon oxidizing zone was formed can be aimed at.

[0087] Moreover, if an internal silicon oxidizing zone and the thermal oxidation film are continuously united as a result of heat-treatment, insulating improvement in field oxide can be aimed at.

[0088] Moreover, if ion is poured in through surface silicon oxide, generating of the damage of the silicon substrate by the ion implantation can be reduced.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] (A) - (C) is important section cross-section process drawing with which explanation of the formation approach of the silicon oxide of the gestalt the 1st operation is presented.

[Drawing 2] (A) - (D) is important section cross-section process drawing with which explanation of the formation approach of the silicon oxide of the gestalt the 2nd operation is presented.

[Drawing 3] (A) - (C) is 1st important section cross-section process drawing with which explanation of the formation approach of the field oxide of the gestalt the 3rd operation is presented.

[Drawing 4] (A) - (C) is the 2nd important section cross-section process drawing following (C) of drawing 3.

[Drawing 5] (A) - (C) is the 3rd important section cross-section process drawing following (C) of drawing 4.

[Drawing 6] (A) - (C) is the 4th important section cross-section process drawing following (C) of drawing 5.

[Drawing 7] It is the graph which shows the measurement result of the oxygen ion distribution inside the silicon substrate by Auger electron spectroscopy.

[Drawing 8] It is the graph which shows the projection range of the acceleration energy at the time of an oxygen ion implantation, and oxygen ion, and the count result of relation with standard deviation.

[Drawing 9] It is the sectional view of the BAZU beak part of field oxide.

[Drawing 10] (A) - (C) is 1st important section cross-section process drawing with which explanation of the formation approach of the field oxide of the gestalt the 4th operation is presented.

[Drawing 11] (A) - (D) is the 2nd important section cross-section process drawing following (C) of drawing 10.

## [Description of Notations]

10: Silicon substrate

10a: Front face

12: Opening

14: Mask pattern

16: Oxygen ion

18: Diffusion field

20: Internal silicon oxidizing zone

22: Thermal oxidation film

24: Silicon oxide

26: The 1st diffusion field

28: The 2nd diffusion field

30: The 1st internal silicon oxidizing zone

32: The 2nd internal silicon oxidizing zone

34: Thermal oxidation film

36: Silicon oxide

40: Silicon substrate

40a: Front face

42 42a: Surface silicon oxide

44: Silicon nitride

46: Resist pattern

48: Isolation formation schedule field

50: Opening

52: Silicon nitride pattern  
54: Mask pattern  
56: Oxygen ion  
58: Diffusion field  
60: Internal silicon oxidizing zone  
62: Thermal oxidation film  
64: Field oxide  
64a: BAZU beak part  
66: Thermal oxidation film  
68: Active field  
70: Component isolation region  
72: The 1st diffusion field  
74: The 2nd diffusion field  
76: The 1st internal silicon oxidizing zone  
78: The 2nd internal silicon oxidizing zone  
80: Thermal oxidation film  
82: Field oxide

---

[Translation done.]

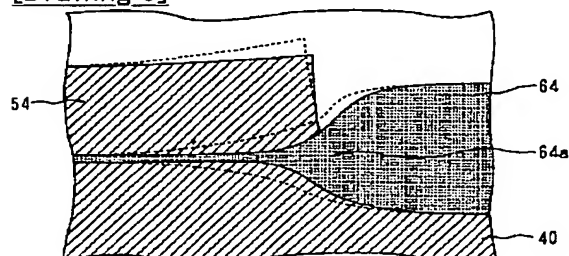
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

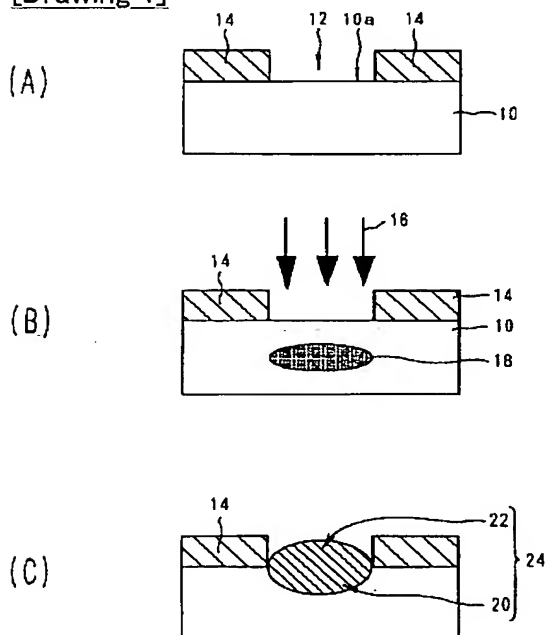
[Drawing 9]



64a : バースピーク部分

フィールド酸化膜のバースピーク部分

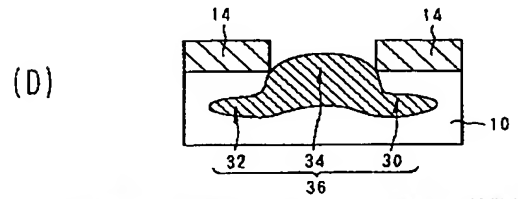
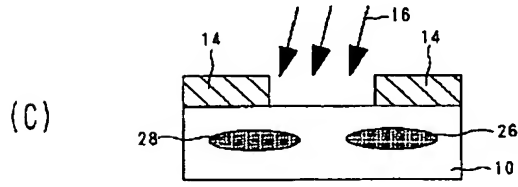
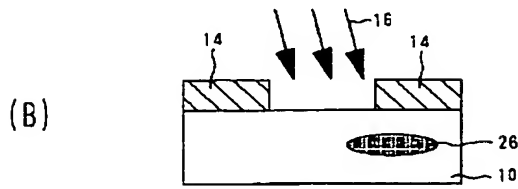
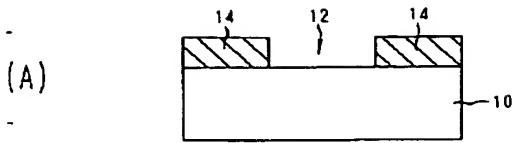
[Drawing 1]



- |                |              |
|----------------|--------------|
| 10 : シリコン基板    | 10a : 表面     |
| 12 : 開口部       | 14 : マスクパターン |
| 16 : 酸素イオン     | 18 : 敏感領域    |
| 20 : 内部シリコン酸化層 | 22 : 熱酸化膜    |
| 24 : シリコン酸化膜   |              |

第1の実施の形態

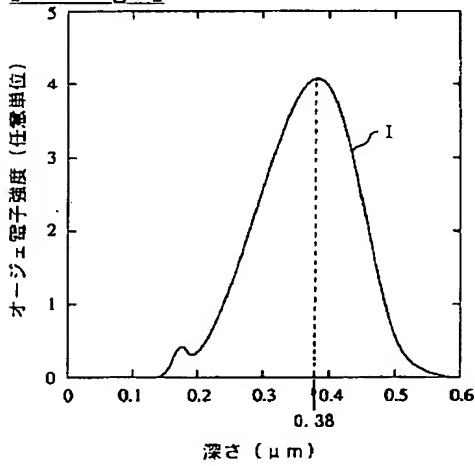
[Drawing 2]



26: 第1の拡散領域      28: 第2の拡散領域  
30: 第1の内部シリコン酸化層      32: 第2の内部シリコン酸化層  
34: 熱酸化膜      36: シリコン酸化膜

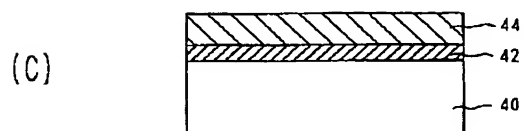
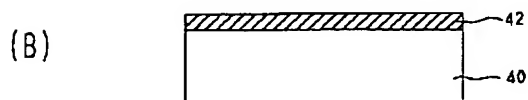
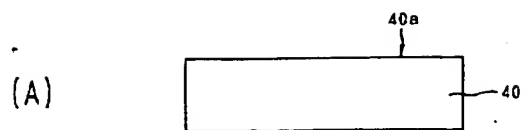
第2の実施の形態

[Drawing 7]



酸素イオン分布

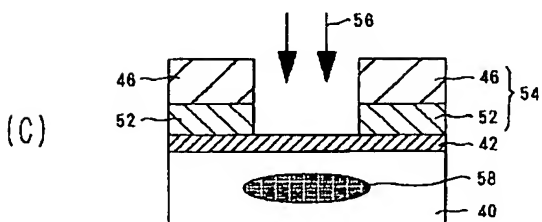
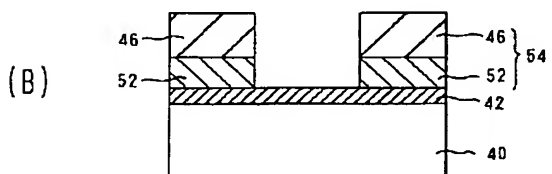
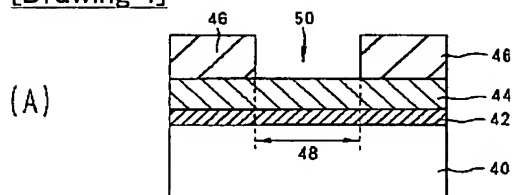
[Drawing 3]



40 : シリコン基板      40a : 表面  
42 : 表面シリコン酸化膜      44 : シリコン窒化膜

第3の実施の形態(1)

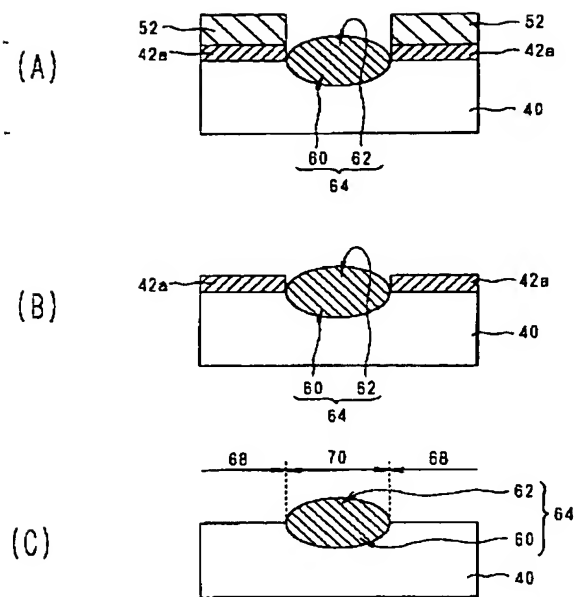
## [Drawing 4]



46 : レジストパターン      48 : 素子分離形成予定領域  
50 : 開口部      52 : シリコン窒化膜パターン  
54 : マスクパターン      56 : 酸素イオン  
58 : 拡散領域

第3の実施の形態(2)

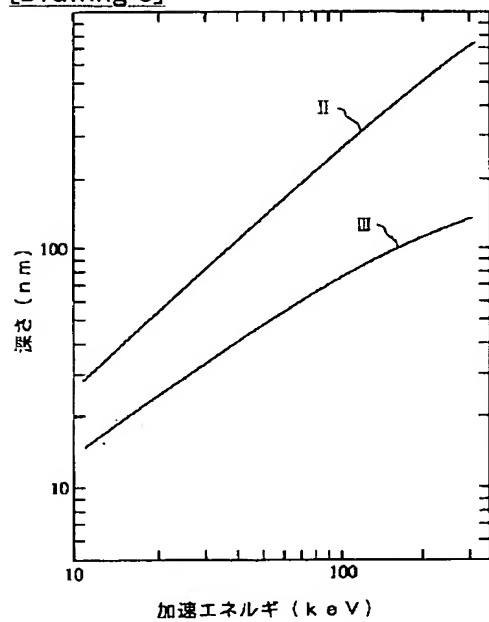
## [Drawing 6]



68 : アクティブ領域      70 : 素子分離領域

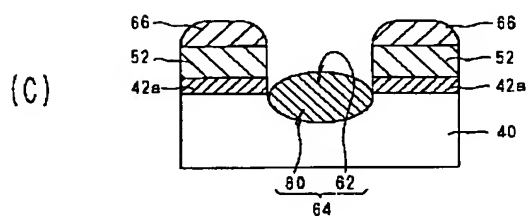
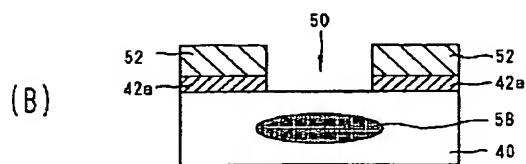
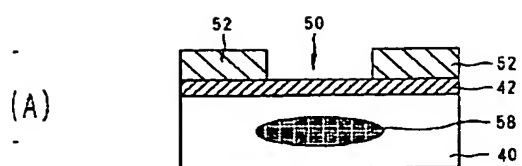
第3の実施の形態(4)

[Drawing 8]



加速エネルギーと酸素イオンの投影飛程および標準偏差との関係

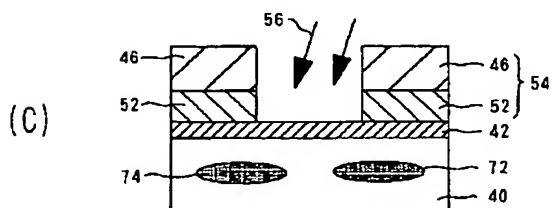
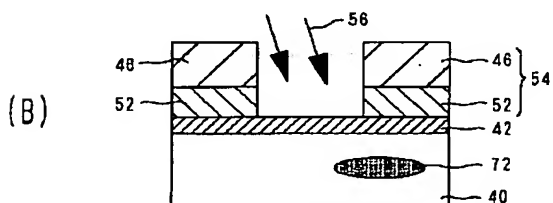
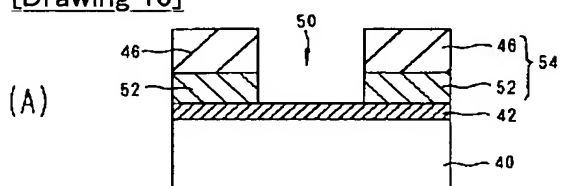
[Drawing 5]



42a: 表面シリコン酸化膜      60: 内部シリコン酸化層  
62, 66: 熱酸化膜      64: フィールド酸化膜

第3の実施の形態(3)

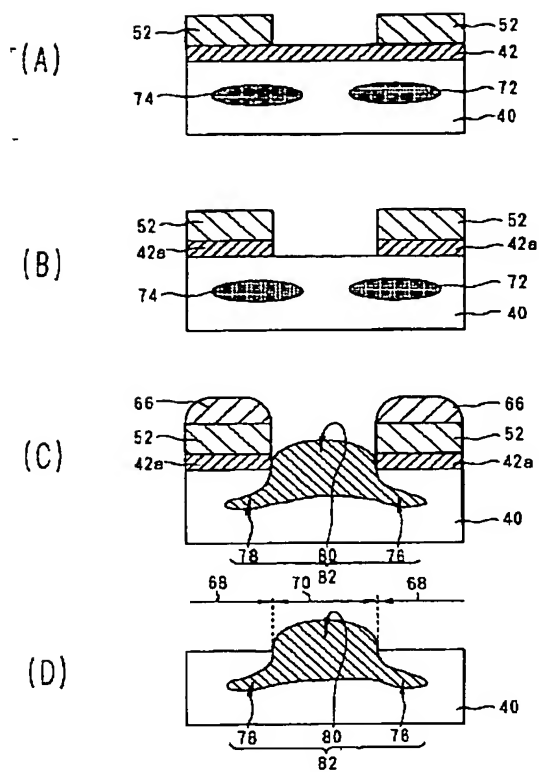
[Drawing 10]



72: 第1の拡散領域      74: 第2の拡散領域

第4の実施の形態(1)

[Drawing 11]



76 : 第1の内部シリコン酸化層    78 : 第2の内部シリコン酸化層  
 80 : 熱酸化膜                      82 : フィールド酸化膜

第4の実施の形態(2)

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-144678

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月29日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 21/316  
21/265  
21/76

識別記号

F I

H 0 1 L 21/94  
21/265  
21/76

A  
J  
V  
R

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願平8-292889

(22) 出願日

平成8年(1996)11月5日

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72) 発明者 荒川 富行

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

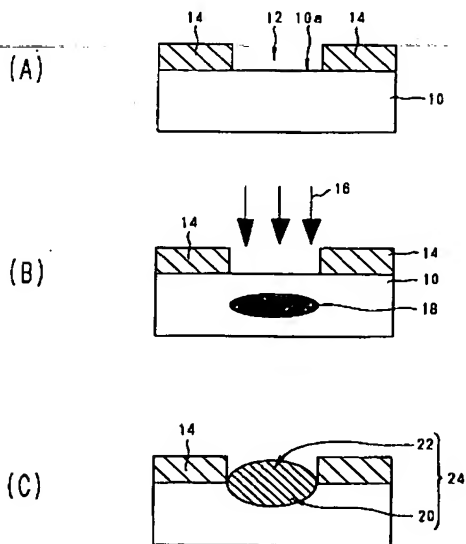
(74) 代理人 弁理士 大垣 孝

(54) 【発明の名称】 シリコン酸化膜の形成方法およびフィールド酸化膜の形成方法

(57) 【要約】

【課題】 パーズピークの形成の抑制を図ることができるフィールド酸化膜の形成方法の提供。

【解決手段】 マスクパタン14の開口部12からシリコン基板10に酸素イオン16を選択的に注入することにより、シリコン基板10の内部に酸素イオンの拡散領域18を形成する。次に、酸素ガス雰囲気中で、シリコン基板10の加熱処理を行うことにより、拡散領域18を内部シリコン酸化層20とし、かつ、シリコン基板の表面に熱酸化膜22を形成することにより、この内部シリコン酸化層20とこの熱酸化膜22とを以って構成されるシリコン酸化膜24を形成する。



10: シリコン基板  
12: 開口部  
14: マスクパタン  
16: 酸素イオン  
18: 拡散領域  
20: 内部シリコン酸化層  
22: 熱酸化膜  
24: シリコン酸化膜

第1の実施の形態

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン基板に、酸素元素を含む化合物のイオンおよび酸素イオンのいずれか一方を少なくとも含むイオンを注入することにより、前記シリコン基板の少なくとも内部に該イオンの拡散領域を形成する工程と、

前記拡散領域が形成された前記シリコン基板の加熱処理を酸化ガス雰囲気中で行うことにより、前記イオンの拡散領域を内部シリコン酸化層とし、かつ、前記シリコン基板の表面に熱酸化膜を形成することにより、該内部シリコン酸化層と該熱酸化膜とを以って構成されるシリコン酸化膜を形成する工程とを含むことを特徴とするシリコン酸化膜の形成方法。

【請求項2】 請求項1に記載のシリコン酸化膜の形成方法において、

前記イオンを前記シリコン基板の表面に対して斜め方向に注入し、かつ、前記拡散領域を前記シリコン基板の表面から離間させて形成することを特徴とするシリコン酸化膜の形成方法。

【請求項3】 請求項1に記載のシリコン酸化膜の形成方法において、

前記加熱処理を行うにあたり、前記内部シリコン酸化層と前記熱酸化膜とが互いに連続して一体となったシリコン酸化膜を形成することを特徴とするシリコン酸化膜の形成方法。

【請求項4】 請求項1に記載のシリコン酸化膜の形成方法において、

前記シリコン基板の表面に、表面シリコン酸化膜を形成し、

該表面シリコン酸化膜を介して、前記イオンを前記シリコン基板に注入し、

前記加熱処理を行う前に、前記表面シリコン酸化膜を除去することを特徴とするシリコン酸化膜の形成方法。

【請求項5】 シリコン基板の上側に、該シリコン基板の素子分離領域が形成される予定の領域に開口部を有するマスクを形成する工程と、

前記開口部から前記シリコン基板に、酸素元素を含む化合物のイオンおよび酸素イオンのいずれか一方を少なくとも含むイオンを選択的に注入することにより、該シリコン基板の少なくとも内部に該イオンの拡散領域を形成する工程と、

前記拡散領域が形成された前記シリコン基板の加熱処理を酸化ガス雰囲気中で行うことにより、前記拡散領域を内部シリコン酸化層とし、かつ、前記シリコン基板の表面に熱酸化膜を形成することにより、該内部シリコン酸化層と該熱酸化膜とを以って構成されるフィールド酸化膜を形成する工程とを含むことを特徴とするフィールド酸化膜の形成方法。

【請求項6】 請求項5に記載のフィールド酸化膜の形成方法において、

前記イオンを前記シリコン基板の表面に対して斜め方向に注入し、かつ、前記拡散領域を、前記シリコン基板のアクティブ領域が形成される予定の領域の一部分を少なくとも含む領域に、該シリコン基板の表面から離間させて形成することを特徴とするフィールド酸化膜の形成方法。

【請求項7】 請求項5に記載のフィールド酸化膜の形成方法において、

前記加熱処理を行うにあたり、前記内部シリコン酸化層と前記熱酸化膜とが互いに連続して一体となったシリコン酸化膜を形成することを特徴とするフィールド酸化膜の形成方法。

【請求項8】 請求項5に記載のフィールド酸化膜の形成方法において、

前記シリコン基板の表面に、表面シリコン酸化膜を形成し、

該表面シリコン酸化膜を介して、前記イオンを前記シリコン基板に注入し、

前記加熱処理を行う前に、前記表面シリコン酸化膜を除去することを特徴とするフィールド酸化膜の形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、半導体装置の製造において、フィールド酸化膜およびシリコン酸化膜の形成方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の半導体製造装置の製造におけるフィールド酸化膜の製造方法の一例が、文献1：（「LSIプロセス工学」1982年、オーム社刊、pp. 157-158）に記載されている。この文献に開示の技術によれば、以下の工程によってフィールド酸化膜を形成していた。まず、シリコン基板上に、シリコン基板の素子分離領域の形成予定領域に開口部を有するマスクパターンを形成する。次に、このマスクパターンの開口部に露出したシリコン基板を酸素雰囲気中で加熱処理して開口部に熱酸化膜を形成することによりフィールド酸化膜を形成していた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述の方法でフィールド酸化膜を形成すると、上述の文献の第157頁にも記載されている様に、バースピークと呼ばれる酸化層が形成されてしまう。バースピークが形成されると、形成されたフィールド酸化膜の寸法が設計の寸法とずれてしまうという問題点があった。このため、バースピークの形成による寸法のずれをおり込んでマスクパターンの開口部の寸法を設計する必要が生じるだけでなく、バースピークの形成は半導体素子の微細化の妨げとなっていた。また、バースピークの部分は、フィールド酸化膜としては厚さが薄いため、バースピークが生じることにより、リーク電流が増大してしまうという問題点

があった。また、バースピークの上に導電層を形成した場合は、このバースピークを挟んで寄生容量が生じてしまうという問題点があった。

【0004】このため、バースピークの形成の抑制を図ることができるフィールド酸化膜の形成方法およびシリコン酸化膜の形成方法の実現が望まれていた。

【0005】

【課題を解決するための手段】

(第1の発明) この出願に係る第1の発明のシリコン酸化膜の形成方法によれば、シリコン基板に、酸素元素を含む化合物のイオンおよび酸素イオンのいずれか一方を少なくとも含むイオンを注入することにより、シリコン基板の少なくとも内部に該イオンの拡散領域を形成する工程と、拡散領域が形成されたシリコン基板の加熱処理を酸化ガス雰囲気中で行うことにより、イオンの拡散領域を内部シリコン酸化層とし、かつ、シリコン基板の表面に熱酸化膜を形成することにより、この内部シリコン酸化層とこの熱酸化膜とを以って構成されるシリコン酸化膜を形成する工程とを含むことを特徴とする。

【0006】このように、第1の発明のシリコン酸化膜の形成方法によれば、加熱処理の際に、拡散領域の酸素イオンが、シリコン基板のシリコン原子と結合して内部シリコン酸化層を形成する。このため、この内部シリコン酸化層と表面から酸化された熱酸化膜とを合わせた厚さのシリコン酸化膜を形成することができる。その結果、従来よりも短い加熱処理の時間（加熱時間）で、所望の厚さのシリコン酸化膜を得ることができる。このため、バースピークが成長する加熱時間を短くすることにより、バースピークの形成を抑制することができる。

【0007】また、第1の発明のシリコン酸化膜の形成方法において、好ましくは、イオンをシリコン基板の表面に対して斜め方向に注入し、かつ、拡散領域をシリコン基板の表面から離間させて形成すると良い。

【0008】このようにイオンを斜め方向に注入すれば、表面に熱酸化膜を形成しない領域のシリコン基板部分の内部に、内部シリコン酸化膜を形成することができる。

【0009】また、第1の発明のシリコン酸化膜の形成方法において、好ましくは、加熱処理を行うにあたり、内部シリコン酸化層と熱酸化膜とが互いに連続して一体となったシリコン酸化膜を形成すると良い。

【0010】このように、加熱処理の結果、内部シリコン酸化層と熱酸化膜とが連続して一体となれば、シリコン酸化膜の絶縁性の向上を図ることができる。

【0011】また、第1の発明のシリコン酸化膜の形成方法において、好ましくは、シリコン基板の表面に、表面シリコン酸化膜を形成し、この表面シリコン酸化膜を介して、イオンをシリコン基板に注入し、加熱処理を行う前に、表面シリコン酸化膜を除去すると良い。

【0012】このように、表面シリコン酸化膜を介して

イオンを注入すれば、イオン注入によるシリコン基板のダメージの発生を低減することができる。

【0013】(第2の発明) また、この出願に係る第2の発明のフィールド酸化膜の形成方法によれば、シリコン基板の上側に、このシリコン基板の素子分離領域が形成される予定の領域に開口部を有するマスクパターンを形成する工程と、開口部からシリコン基板に、酸素元素を含む化合物のイオンおよび酸素イオンのいずれか一方を少なくとも含むイオンを選択的に注入することにより、このシリコン基板の少なくとも内部にこのイオンの拡散領域を形成する工程と、拡散領域が形成されたシリコン基板の加熱処理を酸化ガス雰囲気中で行うことにより、拡散領域を内部シリコン酸化層とし、かつ、シリコン基板の表面に熱酸化膜を形成することにより、この内部シリコン酸化層とこの熱酸化膜とを以って構成されるフィールド酸化膜を形成する工程とを含むことを特徴とする。

【0014】このように、第2の発明のフィールド酸化膜の形成方法によれば、加熱処理の際に、拡散領域も内部シリコン酸化層となる。このため、この内部シリコン酸化層と表面から酸化された熱酸化膜とを合わせた厚さのフィールド酸化膜を形成することができる。その結果、従来よりも短い加熱処理の時間（加熱時間）で、所望の厚さのフィールド酸化膜を得ることができる。このため、バースピークが成長する加熱時間を短くすることにより、バースピークの形成を抑制することができる。

【0015】また、第2の発明のフィールド酸化膜の形成方法において、好ましくは、イオンをシリコン基板の表面に対して斜め方向に注入し、かつ、拡散領域を、シリコン基板のアクティブ領域が形成される予定の領域の一部分を少なくとも含む領域に、このシリコン基板の表面から離間させて形成すると良い。

【0016】このように、イオンを斜め方向に注入すれば、イオン注入時にマスクパターンで覆われている領域である、表面に熱酸化膜を形成しないアクティブ領域のシリコン基板部分の内部に、内部シリコン酸化層を形成することができる。その結果、内部シリコン酸化層が形成されたアクティブ領域部分の寄生容量の低減を図ることができる。

【0017】また、第2の発明のフィールド酸化膜の形成方法において、好ましくは、加熱処理を行うにあたり、内部シリコン酸化層と熱酸化膜とが互いに連続して一体となったフィールド酸化膜を形成すると良い。

【0018】このように、加熱処理の結果、内部シリコン酸化層と熱酸化膜とが連続して一体となれば、フィールド酸化膜の絶縁性の向上を図ることができる。

【0019】また、第2の発明のフィールド酸化膜の形成方法において、好ましくは、シリコン基板の表面に、表面シリコン酸化膜を形成し、この表面シリコン酸化膜を介して、イオンをシリコン基板に注入し、加熱処理を

10

20

30

40

50

行う前に、表面シリコン酸化膜を除去すると良い。

【0020】このように、表面シリコン酸化膜を介してイオンを注入すれば、イオン注入によるシリコン基板のダメージの発生を低減することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この出願に係る第1の発明のシリコン酸化膜の形成方法および第2の発明のフィールド酸化膜の形成方法の実施の形態について説明する。尚、参照する図面は、これらの発明が理解できる程度に、各構成成分の大きさ、形状および配置関係を概略的に示しているに過ぎない。従って、これらの発明は図示例に限定されるものではない。また、図面では、断面部分のハッチングを一部省略して示す。

【0022】（第1の実施の形態）図1を参照して、第1の発明のシリコン酸化膜の形成方法の第1の実施の形態について説明する。図1の（A）～（C）は、第1の実施の形態のシリコン酸化膜の形成方法の説明に供する要部断面工程図である。

【0023】まず、この実施の形態においては、イオンの選択的な注入を行うために、シリコン基板10上に、開口部12を有する窒化膜のマスクパタン14を形成する（図1の（A））。

【0024】次に、開口部12からシリコン基板10に酸素イオン16を選択的に注入することにより、シリコン基板10の内部に酸素イオンの拡散領域18を形成する（図1の（B））。

【0025】尚、この拡散領域はシリコン基板10の表面10aに達していても良い。また、図1においては、注入される酸素イオン16を矢印で模式的に示している。

【0026】次に、拡散領域18が形成されたシリコン基板10の加熱処理を酸化ガスとしての酸素ガス雰囲気で行うことにより、拡散領域18を内部シリコン酸化層20とし、かつ、シリコン基板の表面に熱酸化膜22を形成することにより、この内部シリコン酸化層20とこの熱酸化膜22とを以って構成されるシリコン酸化膜24を形成する（図1の（C））。

【0027】また、図1の（C）に示すシリコン酸化膜24は、内部シリコン酸化層20と熱酸化膜22とが互いに連続して一体となっている。

【0028】（第2の実施の形態）次に、図2を参照して、第1の発明のシリコン酸化膜の形成方法の第2の実施の形態について説明する。図2の（A）～（D）は、第2の実施の形態のシリコン酸化膜の形成方法の説明に供する要部断面工程図である。

【0029】まず、この実施の形態においては、イオンの選択的な注入を行うために、シリコン基板10上に、開口部12を有する窒化膜のマスクパタン14を形成する（図2の（A））。

【0030】次に、開口部12からシリコン基板10に

酸素イオン16を選択的に注入することにより、シリコン基板10の内部に酸素イオンの第1の拡散領域26を形成する（図2の（B））。

【0031】1回目のイオン注入の際に、イオンをシリコン基板の表面に対して斜め方向に注入し、かつ、拡散領域をシリコン基板の表面から離間させて形成する。

（図1の（B））。また、注入角度の範囲は、傾けた方向に沿った開口部12の長さ、マスクパタン14の厚さとの比率によって制限される。

【0032】次に、1回目のイオン注入の際に注入角度を傾けた方向と反対の方向に、注入角度を傾けて2回目のイオン注入を行う。そして、第2の拡散領域28をシリコン基板の表面から離間させて形成する（図2の（C））。

【0033】次に、第1の拡散領域26および第2の拡散領域28が形成されたシリコン基板10の加熱処理を酸化ガスとしての酸素ガス雰囲気で行うことにより、第1の拡散領域26を第1の内部シリコン酸化層30とし、かつ、第2の拡散領域28を第2の内部シリコン酸化層32とし、かつ、シリコン基板10の表面に熱酸化膜34を形成することにより、この第1および第2の内部シリコン酸化層30および32とこの熱酸化膜34とを以って構成されるシリコン酸化膜36を形成する（図2の（D））。

【0034】また、図2の（D）に示すシリコン酸化膜36は、第1の内部シリコン酸化層30および第2の内部シリコン酸化層32と熱酸化膜34とが互いに連続して一体となっている。

【0035】（第3の実施の形態）次に図3～図6を参照して、第1の発明のシリコン酸化膜の形成方法および第2の発明のフィールド酸化膜の形成方法の例について合わせて第3の実施の形態として説明する。図3の

（A）～（C）は、第3の実施の形態のフィールド酸化膜の形成方法の説明に供する第1の要部断面工程図である。図4の（A）～（C）は、図3の（C）に続く、第2の要部断面工程図である。図5の（A）～（C）は、図4の（C）に続く、第3の要部断面工程図である。図6の（A）～（C）は、図5の（C）に続く、第4の要部断面工程図である。

【0036】第3の実施の形態のフィールド酸化膜の形成方法によれば、まず、シリコン基板の上側に、マスクパタンを形成する。このマスクパタンは、このシリコン基板の素子分離領域が形成される予定の領域に開口部を有している。

【0037】マスクパタンの形成にあたって、まず、シリコン基板（シリコンウエハ）40を用意する（図3の（A））。

【0038】そして、このシリコン基板40を、純水によって1%に希釈されたフッ化水素酸溶液を用いて20秒間洗浄する。次に、シリコン基板40を純水を用いて

洗浄する。

【0039】次に、このシリコン基板40の表面に、表面シリコン酸化膜42を形成する(図3の(B))。

【0040】表面シリコン酸化膜42の形成にあたり、まず、シリコン基板40を横型酸化炉(図示せず)に設置する。そして、このシリコン基板40を、酸素雰囲気中、950℃の温度で45分間シリコン基板の表面を熱酸化させる。この熱酸化によって、厚さ10nmの表面シリコン酸化膜(シリコン熱酸化膜)42が形成される。

【0041】次に、表面シリコン酸化膜42上に、シリコン窒化膜44を形成する(図3の(C))。

【0042】シリコン窒化膜44の形成にあたり、まず、表面シリコン酸化膜42が形成されたシリコン基板40を、減圧化学気相成長装置(図示せず)の炉内に設置する。そして、このシリコン基板40を、NH<sub>3</sub>およびSiH<sub>4</sub>を主とした雰囲気中、800℃の温度で95分間熱処理をする。この熱処理により、約200nmの膜厚のシリコン窒化膜44が形成される。

【0043】次に、シリコン窒化膜44上に、レジストボタン46を形成する。(図4の(A))。

【0044】レジストボタン46の形成にあたっては、まず、シリコン窒化膜44が形成されたシリコン基板40を減圧化学気相成長装置の炉内から取り出して、シリコン窒化膜44上に約1μmの膜厚のレジストを塗布した後、通常の露光および現像工程を経て、素子分離形成予定領域48に開口部50を有するレジストボタン46を形成する。

【0045】次に、レジストボタン46をエッチングマスクとして用いて、反応性イオンエッチングによりシリコン窒化膜44の開口部50に露出している部分を除去して、シリコン窒化膜ボタン52を形成する(図4の(B))。

【0046】このようにして、レジストボタン46およびシリコン窒化膜ボタン52からなるマスクボタン54を形成する。

【0047】次に、素子分離形成予定領域48に酸素イオン56を選択的に注入することにより、シリコン基板40の内部に、酸素イオンの拡散領域58を形成する(図4の(C))。尚、図4の(C)においては、注入される酸素イオン56を矢印で模式的に示している。

$$t = (\Phi \times S_t \times 1.602 \times 10^{17}) / I \cdots (1)$$

但し、 $S_t$  (cm<sup>2</sup>) はイオンビームが照射される総面積、 $I$  (A) はエンドステーションでのビーム電流を表す。ここで、上述のイオン注入条件とは異なるが、一例として  $I = 100 \mu A$ 、 $S_t = 4 \text{ cm}^2$ 、 $\Phi = 1.2 \times 10^{18}$  イオン/cm<sup>2</sup> を代入すると、 $t$  は、約4時間50分となる。

【0054】次に、加熱処理に先立って、レジストボタン46を除去する(図5の(A))。

【0048】酸素イオンの注入にあたっては、まず、マスクボタン54が形成されたシリコン基板40をイオン注入装置(図示せず)に設置する。そして、このシリコン基板40の表面40aに対して垂直に、加速電圧150keV、ドーズ量  $4 \times 10^{17}$  イオン/cm<sup>2</sup> の条件で、酸素ガスを用いてイオン注入を行う。その結果、酸素イオンがマスクボタン54の開口部50から表面シリコン酸化膜42を介して注入されて、素子分離形成予定領域48のシリコン基板40の内部に拡散領域58が形成される。また、イオン注入の際の条件としては、例えば加速電圧50keV~200keV、ドーズ量  $1 \times 10^{17} \sim 9 \times 10^{17}$  イオン/cm<sup>2</sup> であることが望ましい。

【0049】ここで、図7のグラフに、オージェ電子分光法によって調べたシリコン基板40内部の酸素イオン分布を示す。図7のグラフの横軸はシリコン基板40の表面40aからの深さ(μm)を表し、縦軸はオージェ電子強度(任意単位)を表している。そして、図7中の曲線Iから、深さ0.38μm付近を中心として、シリコン基板40の内部に拡散領域が形成されていることが分かる。

【0050】また、図8のグラフに、酸素イオン注入時の加速エネルギーと酸素イオンの投影飛程および標準偏差との関係の計算結果を示す。図8のグラフの横軸は加速エネルギーを表し、縦軸はシリコン基板の表面からの深さ(nm)および標準偏差(nm)を対数表示で表している。そして、投影飛程を表す曲線IIおよび標準偏差を表す曲線IIIから、加速エネルギー150keVの場合の、投影飛程は約380nm、標準偏差は約90nmであることが分かる。この投影飛程は、図7に示された、酸素イオンの分布とほぼ一致している。

【0051】尚、図8のグラフを得るために用いた計算方法は、文献2：(電子材料シリーズ「シリコン結晶とドーピング」、1986年、丸善株式会社刊のp184-189)に開示されている技術、特に第186頁の式(3・15)から式(3・19)に基づくものであり、図8は、文献2の第186頁の図3・11に相当する。

【0052】また、シリコン基板に所望のドーズ量Φ(イオン/cm<sup>2</sup>)を得るための酸素イオンの注入時間 $t$ (秒)は、従来周知の下記の(1)式で与えられる。

【0053】

【0055】次に、加熱処理に先立って、表面シリコン酸化膜42の開口部50に露出している部分を、5%フッ化水素(HF)溶液に用いて除去する(図5の(B))。

【0056】表面シリコン酸化膜42の開口部50に露出している部分を除去することによって、イオン注入によってダメージを受けた主な部分を除去することができる。

【0057】次に、拡散領域58が形成されたシリコン基板40の加熱処理を酸素ガス雰囲気中で行うことにより、拡散領域58を内部シリコン酸化層60とし、かつ、シリコン基板40の表面に熱酸化膜62を形成することにより、この内部シリコン酸化層60とこの熱酸化膜62とが互いに連続して一体となって、厚さ約500nmのフィールド酸化膜64を開口部50に形成する(図5の(C))。

【0058】この加熱処理を行うにあたっては、まず、表面シリコン酸化膜42の開口部50に露出している部分が除去されたシリコン基板40を、横型酸化炉に設置する。そして、このシリコン基板40を、酸素と水素とを15対10の割合で混合した雰囲気中、1000℃の温度で10分間加熱する。尚、加熱温度は、800℃～1200℃の範囲が好適である。これは、加熱温度が800℃よりも低くなると、シリコン基板中に転位や微小欠陥が発生し易くなり、また、加熱温度が1200℃よりも高くなると、熱酸化膜中にシリコンが凝集し易くなるためである。

【0059】また、この加熱処理の際には、シリコン窒化膜ボタン52上にも熱酸化膜66が形成される。

【0060】ここで、図9に、フィールド酸化膜64のバースピーク部分64aの断面図を示す。また、図9に、従来の方法で、この実施の形態と同じ厚さ約500nmのフィールド酸化膜を形成した場合のバースピークの形状を模式的に示す。従来の方法では、厚さ約500nmフィールド酸化膜を形成するのに、約100分間加熱処理を行うことが必要である。

【0061】この点、この実施の形態では、従来の十分の一の約10分間の加熱処理で同程度の厚さのフィールド酸化膜を形成することができる。その結果、この実施の形態においては、バースピークの成長を従来の約二分の一に抑制することができる。従って、この実施の形態においては、バースピークの形成を抑制して、かつ、所望の厚さのフィールド酸化膜を形成することができる。

【0062】尚、バースピークの成長の比較にあたっては、水平方向のバースピークの先端の位置の判別が困難であるため、便宜的に、マスクパタンの縁から0.5μm外側(マスクボタン側)でのバースピークの厚さを測定して比較している。

【0063】次に、加熱処理の際にシリコン窒化膜ボタン52上に形成された熱酸化膜66を、5%に希釈したHF溶液を用いて除去する(図6の(A))。

【0064】次に、シリコン窒化膜ボタン52を、180℃に加熱されたりん酸を用いて除去する(図6の(B))。

【0065】次に、残存している表面シリコン酸化膜42aを、5%に希釈したHF溶液を用いて除去する。この表面シリコン酸化膜42aが除去されて、シリコン基板40の表面40aが露出した領域が、アクティブ領域

68となり、フィールド酸化膜64が形成された領域が素子分離領域70となる(図6(C))。

【0066】このように、第2の発明のフィールド酸化膜の形成方法によれば、加熱処理の際に、拡散領域も内部シリコン酸化層となる。このため、この内部シリコン酸化層と表面から酸化された熱酸化層とを合わせた厚さのシリコン酸化膜を形成することができる。その結果、従来よりも短い加熱処理の時間(加熱時間)で、所望の厚さのフィールド酸化膜を得ることができる。このため、バースピークが成長する加熱時間を短くすることにより、バースピークの形成を抑制することができる。

【0067】(第4の実施の形態)次に、図10および図11を参照して、第1の発明のシリコン酸化膜の形成方法および第2の発明のフィールド酸化膜の形成方法の例について合わせて第4の実施の形態として説明する。図10の(A)～(C)は、第4の実施の形態のフィールド酸化膜の形成方法の説明に供する、第1の要部断面工程図である。図11の(A)～(D)は、図10の(C)に続く、第2の要部断面工程図である。

【0068】尚、第4の実施の形態においては、マスクボタン54を形成する工程とは、上述の第3の実施の形態における工程と同一であるので、その詳細な説明を省略する。また、図10および図11においては、第3の実施の形態における構成成分の符号と同一の構成成分には、同一の符号を付して示す。

【0069】まず、図10の(A)に、シリコン基板40上に、マスクボタン54が形成された状態を示す。図10の(A)は、図4の(B)に対応する。

【0070】第4の実施の形態においては、マスクボタン54が形成された後、イオンをシリコン基板40の表面に対して11°傾けた斜め方向(図10では左上から右下に向かって)注入する。この1回目のイオン注入によって、シリコン基板40のアクティブ領域が形成される予定の領域の一部分を含む領域、すなわち、マスクボタン54の下側の領域の一部分を含む領域に、第1の拡散領域72を形成する。また、この第1の拡散領域72は、シリコン基板40の表面から離間させて形成する(図10の(B))。また、注入角度の範囲は、傾けた方向に沿った開口部50の長さ、マスクボタン54の厚さとの比率によって制限される。

【0071】次に、注入方向を1回目とは反対方向に傾けて(図10において、右上から左下に向かって)、2回目のイオン注入を行って、第2の拡散領域74を形成する(図10の(C))。第2の拡散領域74も、第1の拡散領域72と同様に、シリコン基板40の表面40aから離間して形成される。

【0072】また、1回目および2回目のイオン注入条件は、注入方向が斜めであること以外は、上述した第3の実施の形態におけるイオン注入条件と同一である。また、注入角度の範囲は、傾けた方向に沿った開口部50

の長さ、マスクパタン54の厚さとの比率によって制限される。

【0073】次に、加熱処理に先立って、レジストパタン46を除去する(図11の(A))。

【0074】次に、加熱処理に先立って、表面シリコン酸化膜42の開口部50に露出している部分を5%フッ化水素(HF)溶液に用いて除去する(図11の(B))。

【0075】次に、第1および第2の拡散領域72および74が形成されたシリコン基板40の加熱処理を酸素ガス雰囲気で行うことにより、第1の拡散領域72を第1の内部シリコン酸化層76とし、第2の拡散領域74を第2の内部シリコン酸化層78とし、かつ、シリコン基板40の表面に熱酸化膜80を形成することにより、この第1および第2の内部シリコン酸化層76および78とこの熱酸化膜80とが互いに連続して一体となって、厚さ約500nmのフィールド酸化膜82を開口部50に形成する(図11の(C))。また、この加熱処理の際には、シリコン窒化膜パタン52上にも熱酸化膜66が形成される。

【0076】次に、上述した第3の実施の形態と同様にして、熱酸化膜66、シリコン窒化膜パタン52および残存している表面シリコン酸化膜42aを順次に除去する。その結果、シリコン基板40の表面が露出した部分がアクティブ領域68となり、フィールド酸化膜が露出している部分が素子分離領域70となる。

【0077】第4の実施の形態においては、アクティブ領域68の一部分の下側に、第1の内部シリコン酸化層78および第2の内部シリコン酸化層78が形成されているため、アクティブ領域の寄生容量の低減を図ることができる。

【0078】上述した各実施の形態では、これらの発明を特定の材料を用い、特定の条件で構成した例についてのみ説明したが、これらの発明は多くの変更および変形を行うことができる。例えば、上述した各実施の形態においては、加熱処理の結果、内部シリコン酸化膜と熱酸化膜とが互いに連続して一体となったシリコン酸化膜およびフィールド酸化膜の例について説明したが、これらの発明では、内部シリコン酸化膜と熱酸化膜とは必ずしも連続していなくとも良い。

【0079】また、上述した各実施の形態においては、加熱処理の際に、酸化ガスとして酸素ガスをを用いたが、これらの発明においては、酸化ガスとして、酸素と水素との混合ガス、酸素と窒素との混合ガス、または、酸素、水素および窒素の混合ガスをを用いても良い。

【0080】また、上述した各実施の形態においては、一回のイオン注入を一定の条件(加速電圧、ドーズ量)で行ったが、これらの発明では、一回のイオン注入を複数回に分けてそれぞれ注入条件を変えてイオン注入を行っても良い。例えば、先ず加速電圧150keV、ドーズ量

4×10<sup>17</sup>イオン/cm<sup>2</sup>、次に、100keV、2×10<sup>17</sup>イオン/cm<sup>2</sup>、次に、80keV、1×10<sup>17</sup>イオン/cm<sup>2</sup>と、順次に加速電圧を下げながらイオン注入を行っても良い。加速電圧を下げるのは、初めに深い所へイオンを注入し、後から浅い所へイオンを注入するためである。このように複数回に分けてイオン注入すれば、1回で注入する場合に比べて、より広い範囲の深さにわたって拡散領域を形成することも可能である。

【0081】

【発明の効果】

(第1の発明) 第1の発明のシリコン酸化膜の形成方法によれば、加熱処理の際に、拡散領域が内部シリコン酸化層となる。このため、この内部シリコン酸化層と表面から酸化された熱酸化膜とを合わせた厚さのシリコン酸化膜を形成することができる。その結果、従来よりも短い加熱処理の時間(加熱時間)で、所望の厚さのシリコン酸化膜を得ることができる。このため、パズピークが成長する加熱時間を短くすることにより、パズピークの形成を抑制することができる。

【0082】また、イオンを斜め方向に注入すれば、表面に熱酸化膜を形成しない領域のシリコン基板部分の内部に、内部シリコン酸化層を形成することができる。

【0083】また、加熱処理の結果、内部シリコン酸化層と熱酸化膜とが連続して一体となれば、シリコン酸化膜の絶縁性の向上を図ることができる。

【0084】また、表面シリコン酸化膜を介してイオンを注入すれば、イオン注入によるシリコン基板のダメージの発生を低減することができる。

【0085】(第2の発明) また、第2の発明のフィールド酸化膜の形成方法によれば、加熱処理の際に、拡散領域が内部シリコン酸化層となる。このため、この内部シリコン酸化層と表面から酸化された熱酸化膜とを合わせた厚さのシリコン酸化膜を形成することができる。その結果、従来よりも短い加熱処理の時間(加熱時間)で、所望の厚さのフィールド酸化膜を得ることができる。このため、パズピークが成長する加熱時間を短くすることにより、パズピークの形成を抑制することができる。

【0086】また、酸素等のイオンを斜め方向に注入すれば、イオン注入時にマスクパタンで覆われている領域である、表面に熱酸化膜を形成しないアクティブ領域のシリコン基板部分の内部に、内部シリコン酸化層を形成することができる。その結果、内部シリコン酸化層が形成されたアクティブ領域部分の寄生容量の低減を図ることができる。

【0087】また、加熱処理の結果、内部シリコン酸化層と熱酸化膜とが連続して一体となれば、フィールド酸化膜の絶縁性の向上を図ることができる。

【0088】また、表面シリコン酸化膜を介してイオン

を注入すれば、イオン注入によるシリコン基板のダメージの発生を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)～(C)は、第1の実施の形態のシリコン酸化膜の形成方法の説明に供する要部断面工程図である。

【図2】(A)～(D)は、第2の実施の形態のシリコン酸化膜の形成方法の説明に供する要部断面工程図である。

【図3】(A)～(C)は、第3の実施の形態のフィールド酸化膜の形成方法の説明に供する第1の要部断面工程図である。

【図4】(A)～(C)は、図3の(C)に続く、第2の要部断面工程図である。

【図5】(A)～(C)は、図4の(C)に続く、第3の要部断面工程図である。

【図6】(A)～(C)は、図5の(C)に続く、第4の要部断面工程図である。

【図7】オージェ電子分光法によるシリコン基板内部の酸素イオン分布の測定結果を示すグラフである。

【図8】酸素イオン注入時の加速エネルギーと酸素イオンの投影飛程および標準偏差との関係の計算結果を示すグラフである。

【図9】フィールド酸化膜のバースピーク部分の断面図である。

【図10】(A)～(C)は、第4の実施の形態のフィールド酸化膜の形成方法の説明に供する第1の要部断面工程図である。

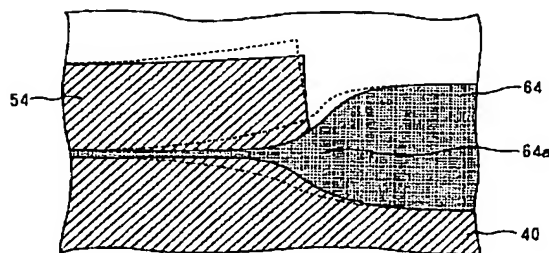
【図11】(A)～(D)は、図10の(C)に続く、第2の要部断面工程図である。

【符号の説明】

10 : シリコン基板  
10a : 表面  
12 : 開口部  
14 : マスクパターン

16 : 酸素イオン  
18 : 拡散領域  
20 : 内部シリコン酸化層  
22 : 熱酸化膜  
24 : シリコン酸化膜  
26 : 第1の拡散領域  
28 : 第2の拡散領域  
30 : 第1の内部シリコン酸化層  
32 : 第2の内部シリコン酸化層  
34 : 熱酸化膜  
36 : シリコン酸化膜  
40 : シリコン基板  
40a : 表面  
42、42a : 表面シリコン酸化膜  
44 : シリコン窒化膜  
46 : レジストパターン  
48 : 素子分離形成予定領域  
50 : 開口部  
52 : シリコン窒化膜パターン  
54 : マスクパターン  
56 : 酸素イオン  
58 : 拡散領域  
60 : 内部シリコン酸化層  
62 : 熱酸化膜  
64 : フィールド酸化膜  
64a : バースピーク部分  
66 : 熱酸化膜  
68 : アクティブ領域  
70 : 素子分離領域  
72 : 第1の拡散領域  
74 : 第2の拡散領域  
76 : 第1の内部シリコン酸化層  
78 : 第2の内部シリコン酸化層  
80 : 熱酸化膜  
82 : フィールド酸化膜

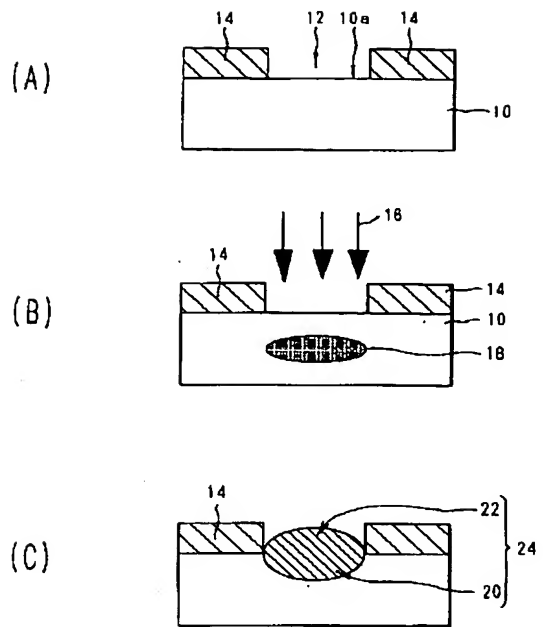
【図9】



64a : バースピーク部分

フィールド酸化膜のバースピーク部分

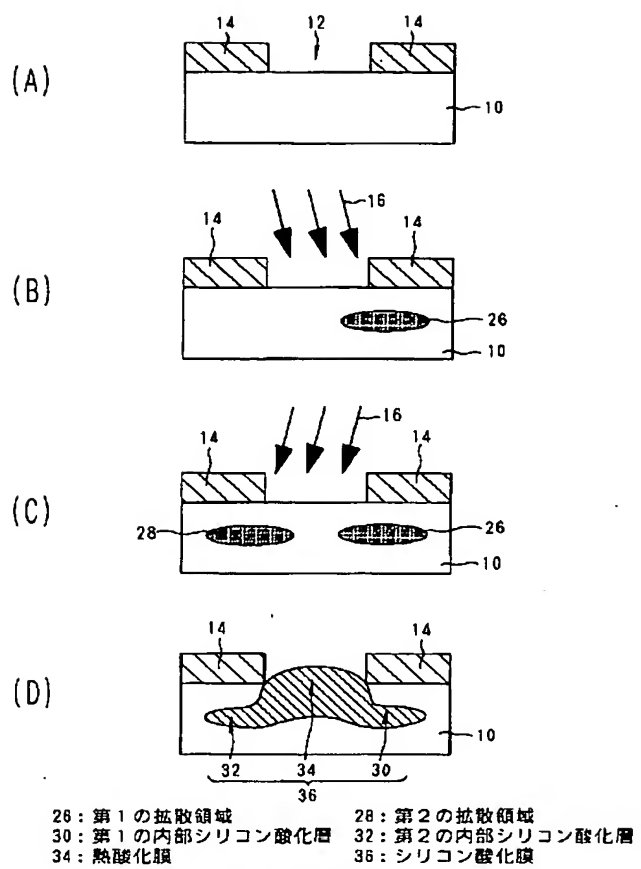
【図 1】



10: シリコン基板      10a: 表面  
12: 開口部      14: マスクボタン  
16: 酸素イオン      18: 拡散領域  
20: 内部シリコン酸化層      22: 熱酸化膜  
24: シリコン酸化膜

第 1 の実施の形態

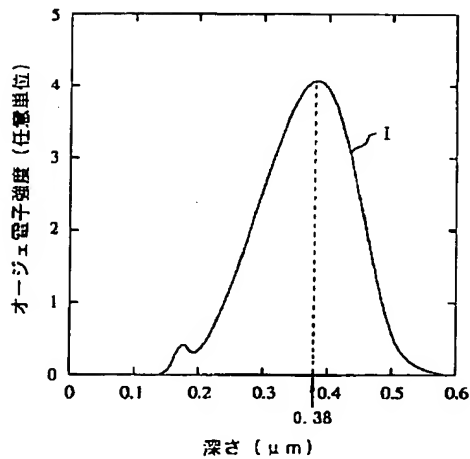
【図 2】



26: 第 1 の拡散領域      28: 第 2 の拡散領域  
30: 第 1 の内部シリコン酸化層      32: 第 2 の内部シリコン酸化層  
34: 熱酸化膜      36: シリコン酸化膜

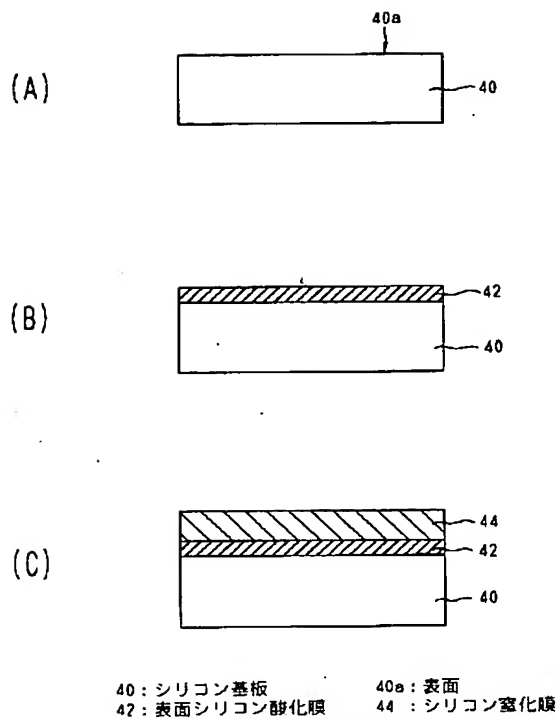
第 2 の実施の形態

【図 7】



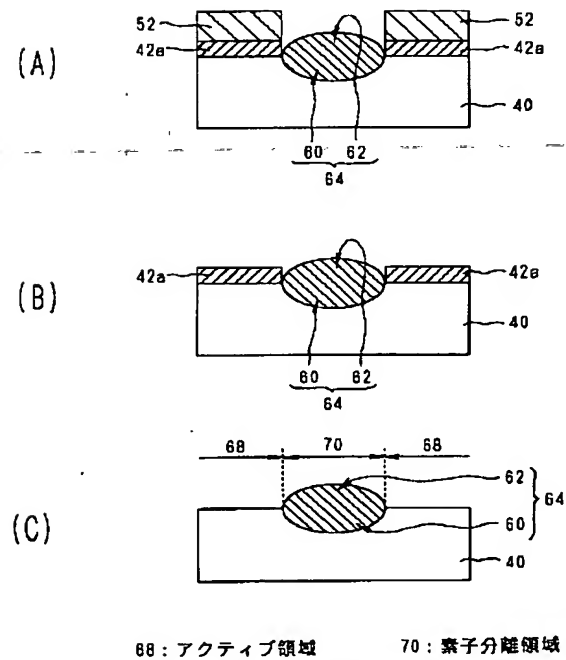
酸素イオン分布

【図 3】



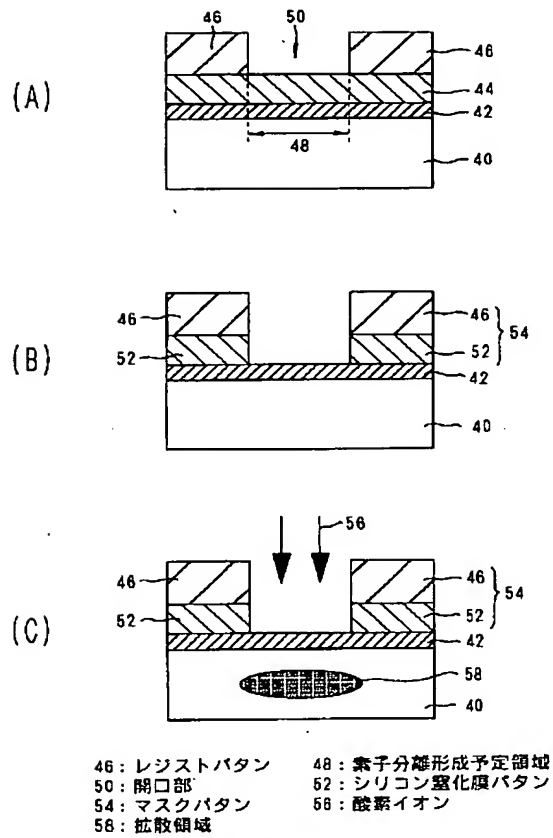
第3の実施の形態 (1)

【図 6】



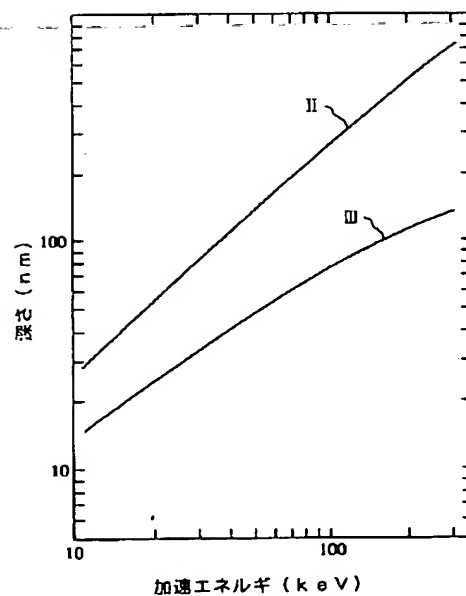
第3の実施の形態 (4)

【図 4】



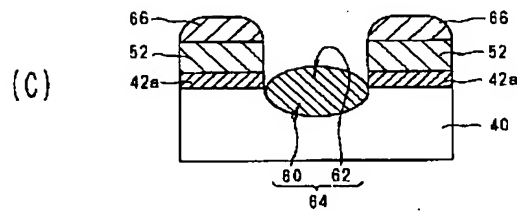
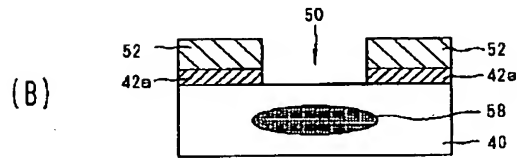
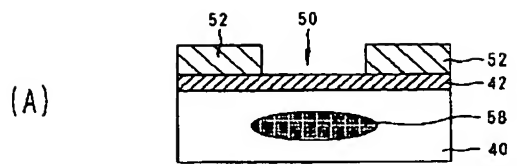
第3の実施の形態 (2)

【図 8】



加速エネルギーと酸素イオンの投影飛程および標準偏差との関係

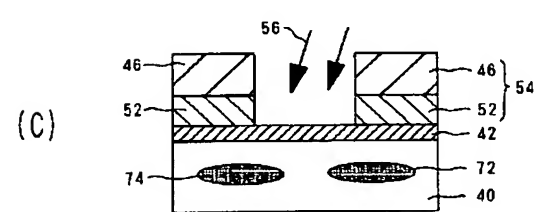
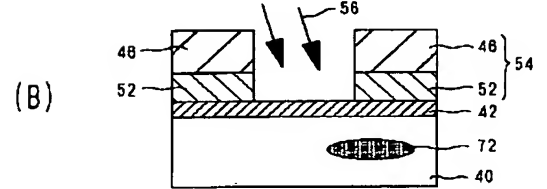
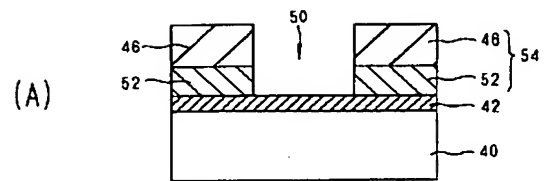
【図5】



42a: 表面シリコン酸化膜      60: 内部シリコン酸化層  
62, 66: 熱酸化膜              64: フィールド酸化膜

第3の実施の形態 (3)

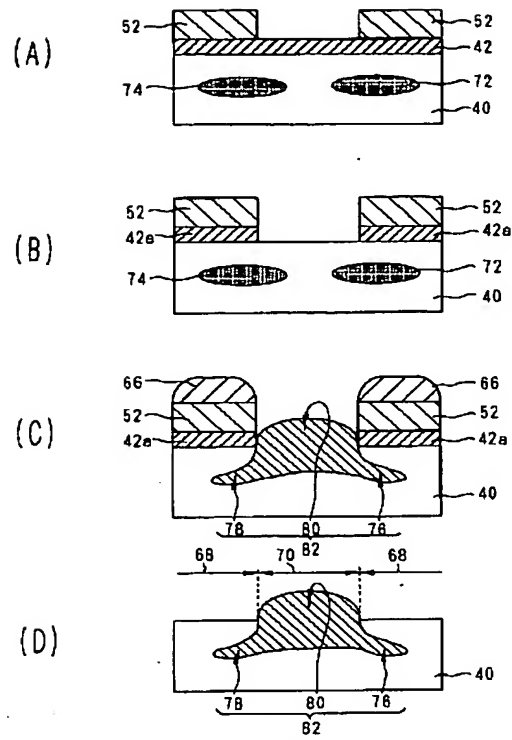
【図10】



72: 第1の拡散領域      74: 第2の拡散領域

第4の実施の形態 (1)

【図 11】



76: 第1の内部シリコン酸化層 78: 第2の内部シリコン酸化層  
 80: 熱酸化膜 82: フィールド酸化膜

第4の実施の形態(2)